

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 L 21/302

識別記号

庁内整理番号

H 9277-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-227398

(22)出願日 平成 4 年(1992) 8 月26日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72)発明者 佐藤 淳一

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニー株式会社内

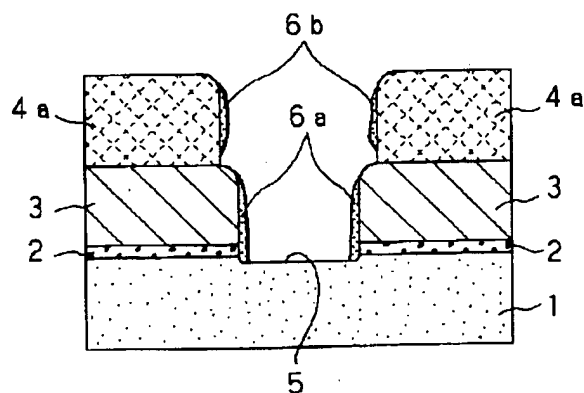
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外 2 名)

(54)【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57)【要約】

【目的】 配線材料層上で絶縁膜をドライエッチングしてビアホールを形成する際に、配線材料層に由来して生成するスパッタ再付着物層の除去を容易に行う。

【構成】 表面にTiON反射防止膜2を有するAl-1%Si層1の上でSiO₂層間絶縁膜3をレジスト・マスクを介してエッチングする場合、下地のTiON反射防止膜2が露出する直前でエッチングを一旦停止する。次に、O₂プラズマ・アッシングを軽く行い、一様に後退させたレジスト・マスク4aを得る。これにより、ビアホール5の側壁面とレジスト・マスク4aの開口端面が不連続となる。エッチングを再開すると、Al-1%Si層1の露出面からスパッタ・アウトされたAl粒子は上下に分断された再付着物層6a、6bを形成する。これらは、後にスピンのプロセッサ等を用いた処理により簡単に除去できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 配線材料層上に積層された絶縁膜をエッチング・マスクを介して選択的にエッチングすることにより接続孔を開口する半導体装置の製造方法において、前記絶縁膜を前記配線材料層が露出する直前までエッチングする工程と、

前記エッチング・マスクの開口端面を一様に後退させ、その開口寸法を前記接続孔の開口寸法より大とする工程と、

前記絶縁膜の残余部をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 前記エッチング・マスクが有機レジスト材料より構成され、前記開口端面の後退は酸素プラズマ処理により行われることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 配線材料層上に積層された絶縁膜をエッチング・マスクを介して選択的にエッチングすることにより接続孔を開口する半導体装置の製造方法において、前記絶縁膜を前記配線材料層が露出する直前までエッチングする工程と、

前記エッチング・マスクの開口端面をテーパ状に後退させ、その最小開口寸法を前記接続孔の開口寸法より大とする工程と、

前記絶縁膜の残余部をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記開口端面の後退はイオン・ミリングにより行われることを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体装置の製造方法に関し、特にアルミニウム（Al）等からなる配線材料層上の絶縁膜に接続孔を開口するためのエッチングにおいて、下地の配線材料層のスパッタ再付着物の除去を容易に行う方法に関する。

【0002】

【従来の技術】VLSI、ULSI等にみられるように半導体装置の高集積化、高密度化が進行する状況下では、デバイス・チップ上では配線部分の占める割合が増大する傾向にあるが、これによるチップ面積の大型化を防止するために配線の多層化が進展している。これに伴い、上層側と下層側の各配線材料層間の電氣的接続を図るビアホール等を形成するために、下層側の配線材料層を下地として絶縁膜のエッチングを行うホール加工プロセスが不可欠となっている。上記絶縁膜の材料として代表的なものは酸化シリコン（SiO_x）系材料である。SiO_x系材料層のエッチングは、その強固なSi-O結合を切断する必要から、一般に高い入射イオン・エネルギーが得られる条件下で行われる。つまり、SiO₂系材料層のエッチングのメカニズムは、ラジカル反応の

ような化学的過程よりはむしろ、スパッタリングのような物理的過程に近い。

【0003】ところで、このように強いイオン衝撃を伴うエッチング・プロセスにおいては、必然的に下地選択性の低下が問題となる。特に、多層配線構造において絶縁膜の下地にAl系材料層のようなスパッタされ易い配線材料層が存在している場合、該配線材料層の表面がスパッタされて膜厚が減少してしまう上に、スパッタ生成物が接続孔の内壁面上に再付着し、種々の問題を引き起こす。上記配線材料層がAl系材料からなる場合の再付着の様子を、図8を参照しながら説明する。図8（a）は、Al系配線層11上に反射防止膜12を介して積層されたSiO₂層間絶縁膜13の上に、レジスト・マスク14が所定のパターンに形成された状態を示している。

【0004】上記レジスト・マスク14を介してSiO₂層間絶縁膜13および反射防止膜12を入射イオン・エネルギーを高めた条件でエッチングすると、図8

（b）に示されるように、若干のオーバーエッチングを行っただけでもAl系配線層11の表面がスパッタされてしまう。このときのスパッタ生成物は、ビアホール15の側壁面上に再付着して再付着物層16を形成する。この再付着物層16は除去が極めて困難であり、レジスト・マスク14をアッシングにより除去した後でも、図8（c）に示されるように、ビアホール12aの開口端から突出した状態で残存する。この再付着物層16は、ウェハを上面から電子顕微鏡で観察すると王冠（クラウン）のように見えることから、アルミ・クラウンとも呼ばれている。この再付着物層16は、一部でも剥離または破損するとダスト源となる他、絶縁膜13の最上面から多少なりとも突出している場合には上層に形成される材料層のカバレッジ（被覆性）を悪化させることもあり、半導体装置の歩留りを著しく低下させる原因となる。

【0005】そこで、上述のような下地のスパッタ除去を防止するために、従来から幾つかの対策が試みられている。代表的な方法としては、（a）自己バイアス電位V_{dc}を低下させた条件を採用すること、（b）オーバーエッチング時に下地の配線材料層をエッチングし得る化合物をエッチング・ガスに添加すること、（c）接続孔の断面形状をテーパ化させること、等が挙げられる。このうち、上記（c）のテーパ化については、1990 Dry Process Symposium抄録集、p. 105～109、演題番号V-3に報告されている。この場合のSiO₂層間絶縁膜のエッチングは、ウェハを約-50℃に冷却しながらCHF₃ガスを用いて行う。つまり、過剰な炭素系ポリマーの堆積により実質的なマスク幅が絶えず増大しながらエッチングが進行するので、ビアホールの側壁面が傾斜するのである。側壁面が傾斜することにより、この面へのイオンの入射が

可能となり、たとえ下地のA1系配線層に由来するスパッタ生成物が再付着しても直ちに除去できる。また、かかる傾斜面に対してはスパッタ生成物の粒子の入射角が小さくなるので、再付着そのものも生じにくくなると考えられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の各対策はそれぞれ問題点を抱えている。まず、自己バイアス電位 V_{dc} を低下させる方法は、入射イオン・エネルギーを下げることにより、下地の配線材料層のスパッタ除去を防止しようとするものである。しかし、絶縁膜の異方性加工には前述のようにある程度の入射イオン・エネルギーを要するので、実用的なエッチング速度を維持しながら下地の除去を防止することは、実際には容易なことではない。オーバーエッチング時に下地の配線材料層をエッチングし得るガスを使用する方法では、再付着は確かに防止できる。しかし、配線材料層も除去されることから、接続孔のアスペクト比が増大し、その後の接続孔の埋め込み等が困難となる。極端な場合には、配線材料層が除去されてしまうこともあり得る。また、接続孔の断面形状をテーパ化させる技術では、有意なテーパ化を達成するために過剰な炭素系ポリマーの生成が必要であり、パーティクル・レベルを悪化させる懸念が大きい。しかも、接続孔の底面積はマスクの開口面積よりも狭くなるため、該接続孔に埋め込まれた導電材料層と下地の配線材料層との接触抵抗が増大するといった問題も生ずる。

【0007】そこで本発明は、配線材料層を下地として絶縁膜のエッチングを行う際に、配線材料層に由来するスパッタ再付着物による悪影響を排除し、かつ形成される接続孔の異方性形状を維持することが可能な半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置の製造方法は、上述の目的を達成するために提案されるものであり、配線材料層上に積層された絶縁膜をこの配線材料層が露出する直前までエッチング・マスクを介してエッチングする工程と、前記エッチング・マスクの開口端面を一樣に後退させ、その開口寸法を形成される接続孔の開口寸法より大とする工程と、前記絶縁膜の残余部をエッチングする工程とを有することを特徴とする。

【0009】本発明はまた、前記エッチング・マスクが有機レジスト材料より構成され、このときの開口端面の後退が酸素プラズマ処理により行われることを特徴とする。

【0010】本発明はまた、配線材料層上に積層された絶縁膜をこの配線材料層が露出する直前までエッチング・マスクを介してエッチングする工程と、前記エッチング・マスクの開口端面をテーパ状に後退させ、その最小開口寸法を形成される接続孔の開口寸法より大とする

工程と、前記絶縁膜の残余部をエッチングする工程とを有することを特徴とする。

【0011】本発明はさらに、このときの開口端面の後退がイオン・ミリングにより行われることを特徴とする。

【0012】

【作用】本発明者は、通常のホール加工では下地の配線材料層のスパッタ生成物の再付着を完全に防止することは原理的に困難であるため、発想を転換し、形成された再付着物層をいかに容易に除去するかという観点に立って鋭意検討を行った。この結果、再付着物層が除去し難いのは、この層が通常、接続孔の内壁面上からエッチング・マスクの開口端面上にわたって連続膜として形成されているからであり、これを途中で分断すれば物理的に除去し易くなるものと考えた。

【0013】この考え方にもとづき、本発明では絶縁膜のエッチングが下地の配線材料層に達する直前で一旦エッチングを終了し、エッチング・マスクの開口端面を一樣に後退させる。これにより、エッチング・マスクの開口端面と接続孔の内壁面との間に段差が生じ、双方の面は不連続になる。このとき、エッチング・マスクの開口端面上で段差のごく近傍の領域には、接続孔の上端部によるシャドウイング効果によりスパッタ生成物が飛来しないので、再付着物層はこの部分で分断されるわけである。

【0014】このような状態で形成された再付着物層の除去は、従来よりも遥かに容易である。少なくともエッチング・マスクの開口端面上に付着した部分は、エッチング・マスクが除去されれば付着の足場を失うので、容易に脱落させることができる。また、接続孔の内壁面上に付着した再付着物層も、内壁面に対する接触面積が小さく付着力が低下しているため、その除去はやはり従来よりも容易である。万一、完全に除去されずに残ったとしても、この再付着物層が接続孔の上端から突出することはないので、上層配線等を形成するための材料層のカバレージを悪化される虞れない。

【0015】エッチング・マスクの開口端面を一樣に後退させる方法としては、該エッチング・マスクが有機レジスト材料から構成される場合、酸素プラズマ処理が有効である。これは、酸素プラズマ処理が化学的プロセスであって、レジスト・マスクの表面から等方的に燃焼反応を進行させることができるからである。

【0016】また、レジスト・マスクの開口端面の後退は必ずしも一樣に行われる必要はなく、テーパ状に行われても良い。この場合、最小開口寸法が接続孔の開口寸法よりも大とされていれば、レジスト・マスクの開口端面と接続孔の内壁面とを不連続面とすることができ、接続孔の上端部によるシャドウイング効果を利用して再付着物層を分断することができる。また、レジスト・マスクの開口端面が傾斜することにより、この面に対する

スパッタ生成物粒子の入射角が小さくなるため、再付着そのものが生じにくくなるという効果も得られる。

【0017】上述のようにエッチング・マスクの開口端面をテーパ状に後退させる方法としては、イオン・ミリングが有効である。これは、イオン・ミリングが物理的プロセスであって、ウェハをイオンの入射方向に対して適当に傾斜させれば、イオンの入射確率が大きい開口部の上端付近で後退量が大きくなるからである。

【0018】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0019】実施例1

本実施例は、表面にTiON反射防止膜を有するAl-1%Si層上でSiO₂層間絶縁膜をエッチングするビアホール加工において、レジスト・マスクを介してC₃F₈（オクタフルオロプロパン）ガスによりTiON反射防止膜が露出する直前までSiO₂層間絶縁膜をエッチングした後、O₂プラズマ・アッシングを行ってレジスト・マスクを一様に後退させ、再びC₃F₈ガスを用いてSiO₂層間絶縁膜の残余部とTiON反射防止膜をエッチングした例である。このプロセスを、図1ないし図6を参照しながら説明する。

【0020】本実施例でエッチング・サンプルとして使用したウェハは、図1に示されるように、Al-1%Si層1上にTiON反射防止膜2およびSiO₂層間絶縁膜3が順次積層され、さらにその上に所定の形状にパターンニングされたレジスト・マスク4が形成されてなるものである。ここで、上記TiON反射防止膜2は、たとえば反応性スパッタリングにより約0.04μmの厚さに形成されている。また、上記SiO₂層間絶縁膜3は、たとえばO₃/TEOS（テトラエトキシシラン）混合ガス系を用いた減圧CVD法により、約0.5μmの厚さに形成されている。上記レジスト・マスク4の開口パターンの直径は約0.35μmである。

【0021】上記ウェハをマグネトロンRIE装置のエッチング・チャンバにセットし、一例として下記の条件でSiO₂層間絶縁膜3をエッチングした。

C ₃ F ₈ 流量	50 SCCM
ガス圧	1.5 Pa (≒11 mTorr)
RFパワー密度	0.3 W/cm ² (13.56 MHz)

ここで、上記C₃F₈は本願出願人が先に特開平3-276626号公報において提案した鎖状高次フルオロカーボン系化合物のひとつである。この工程では、放電解離条件下でC₃F₈から大量に生成するCF_x⁺が、F⁺によるSi原子の引き抜き反応をアシストし、ビアホール5が途中まで高速に形成された。ただし、このエッチングは図2に示されるように、TiON反射防止膜2が露出する直前で終了させた。

【0022】次に、ウェハを真空ロード・ロック機構を

介して接続されるプラズマ・アッシング装置へ移送し、一例として下記の条件でレジスト・マスク4を若干後退させた。

O ₂ 流量	50 SCCM
ガス圧	60 Pa
RFパワー	300 W (13.56 MHz)

このO₂プラズマ・アッシングにより、図3に示されるように後退したレジスト・マスク4aが得られた。このレジスト・マスク4aは、膜厚が減少していることも勿論であるが、その開口端面がビアホール5の内壁面に対して不連続となっている。

【0023】続いてウェハを元のエッチング・チャンバに戻し、先と同じ条件でSiO₂層間絶縁膜3の残余部とその下のTiON反射防止膜2とをエッチングした。このとき、Al-1%Si層1の表面が露出すると若干のAl粒子がスパッタ・アウトされる。しかし、上述のようにビアホール5の内壁面とレジスト・マスク4aの開口端面とが不連続となっているため、図4に示されるように、前者には再付着物層6a、後者には再付着物層6bが分断して形成された。なおこのとき、レジスト・マスク4aが後退した分だけSiO₂層間絶縁膜3が被エッチング領域に露出するため、ビアホール5の開口端がイオンにスパッタされて若干丸みを帯びた。

【0024】次に、ウェハをスピન・プロセッサにセットした。これは、回転台上に載置されたウェハに対してノズルから発煙硝酸やレジスト現像液等を高速で吹きつけることにより、ウェハ上の異物を除去できる装置である。本実施例では発煙硝酸を用い、図5に示されるように、再付着物層6a、6bを容易に除去することができた。最後にアッシングを行い、図6に示されるように、レジスト・マスク4aを除去した。完成されたビアホール5の開口端は2段階目のエッチングの再丸みを帯びるが、このことは上層配線材料によりビアホール5を埋め込む際のステップ・カバレッジを改善する効果をもたらす。

【0025】ところで、本発明では絶縁膜のエッチングを一旦停止させるタイミングは下地の配線材料層が露出する以前であれば良い。そこで、本実施例のような場合、上述のようにSiO₂層間絶縁膜3がまだ残っている段階でエッチングを停止するのではなく、TiON反射防止膜2が露出してから停止しても良いように思われる。しかし、TiON反射防止膜2を露出させた状態でウェハをO₂プラズマに曝すと、レジスト・マスク4が後退すると同時にTiの酸化物が形成されてしまい、この酸化物が除去困難となる虞れが大きい。したがって、配線材料層の表面に蒸気圧の低い酸化物を生成し得る元素を含む反射防止膜が形成されているような場合には、やはり絶縁膜を少し残した状態でエッチングを一旦停止させることが望ましい。

【0026】実施例2

本実施例では、実施例1と同様のビアホール加工において2段階目のエッチング条件を低エネルギー化し、再付着物層の形成そのものをさらに抑制することを試みた。 SiO_2 層間絶縁膜3の最初のエッチング条件、レジスト・マスク4を後退させるための O_2 プラズマ・アッシング条件は、いずれも実施例1で上述したとおりである。本実施例では次に、 SiO_2 層間絶縁膜3の残余部とその下の TiON 反射防止膜2のエッチングを、一例として下記の条件で行った。

C_3F_8 流量 50 SCCM
ガス圧 1.5 Pa
RFパワー密度 0.08 W/cm² (13.56 MHz)

このように入射イオン・エネルギーを下げることで、再付着物層6a, 6bの生成量は実施例1よりも少なくなり、スピン・プロセッサによるこれらの除去がさらに容易となった。

【0027】実施例3

本実施例では、レジスト・マスク4を後退させる手法として、 O_2/Ar 混合ガスによる反応性イオン・ミリングを採用した。このプロセスを、図7を参照しながら説明する。なお、図7の参照符号は図1ないし図6と一部共通である。エッチング・サンプルとして用いたウェハは、前出の図1に示したものと同一である。 SiO_2 層間絶縁膜3の最初のエッチングは、マグネトロンRIE装置を用いて実施例1と同じ条件で行い、前出の図2に示したように SiO_2 層間絶縁膜3を少し残した状態で一旦停止した。

【0028】次に、ウェハをイオン・ミリング装置にセットし、一例として下記の条件でレジスト・マスク4を後退させた。

O_2 流量 10 SCCM
 Ar 流量 50 SCCM
ガス圧 0.1 Pa
イオン加速エネルギー 300 V
イオン入射角 10°

ここで、イオン入射角とはウェハの法線方向に対してイオンの入射方向がなす角度であり、実際にはイオン・ミリング装置内でウェハを傾斜回転させることによりこれを達成した。この過程では、ウェハの表面に露出している領域はすべてイオンの物理的なスパッタ作用を受ける可能性があるが、 O_2 による化学反応も併用しているため、レジスト・マスク4の後退量が相対的に大きくなる。この結果、図7(a)に示されるように、開口端面がテーパ状に後退してレジスト・マスク4bが形成された。このテーパ化により、ビアホール5の内壁面とレジスト・マスク4bの開口端面とは不連続となった。

【0029】次に、ウェハをマグネトロンRIE装置のエッチング・チャンバに戻し、最初のエッチングと同じ

条件で SiO_2 層間絶縁膜3の残余部とその下の TiON 反射防止膜2をエッチングした。本実施例でも、下地の $\text{Al}-1\%\text{Si}$ 層1が露出した時点で Al 粒子がスパッタ・アウトされるが、これらの粒子はビアホール5の内壁面とレジスト・マスク4bの開口端面に不連続に堆積し、図7(b)に示されるように、それぞれ再付着物層6a, 6bを形成した。しかも、レジスト・マスク4bの傾斜した開口端面上では Al 粒子の入射角が小さくなるため、再付着物層6bの厚さは実施例1におけるよりもさらに薄いものであった。これらの再付着物層6a, 6bは、実施例1と同様にスピン・プロセッサを用いた処理を行うことにより、極めて容易に除去することができた。

【0030】実施例4

本実施例では、実施例3と同様のビアホール加工において2段階目のエッチング条件を低エネルギー化し、再付着物層の形成そのものをさらに抑制することを試みた。 SiO_2 層間絶縁膜3の最初のエッチング条件、レジスト・マスク4を後退させるための反応性イオン・ミリング条件は、いずれも実施例3で上述したとおりである。本実施例では次に、 SiO_2 層間絶縁膜3の残余部とその下の TiON 反射防止膜2のエッチングを、一例として下記の条件で行った。

C_3F_8 流量 50 SCCM
ガス圧 1.5 Pa
RFパワー密度 0.08 W/cm² (13.56 MHz)

このように入射イオン・エネルギーを下げることで、再付着物層6a, 6bの生成量は実施例3よりも少なくなり、スピン・プロセッサによるこれらの除去がさらに容易となった。

【0031】以上、本発明を4例の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではなく、ウェハの構成、ウェハを構成する各材料層の構成物質、エッチング条件、 O_2 プラズマ処理条件、イオン・ミリング条件等が適宜変更可能であることは言うまでもない。

【0032】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明によれば、絶縁膜に接続孔を開く際に下地の配線材料層に由来するスパッタ再付着物層による悪影響を排除し、かつ形成される接続孔の異方性形状を維持することができる。したがって本発明は、多層配線構造を有する半導体装置の信頼性および歩留りを向上させる上で、極めて有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体装置の製造方法をビアホール加工に適用したプロセス例において、 $\text{Al}-1\%\text{Si}$ 層上に TiON 反射防止膜、 SiO_2 層間絶縁膜、レジスト・マスクが順次形成されたエッチング前のウェハの状態

を示す概略断面図である。

【図2】図1の SiO_2 層間絶縁膜のエッチングを、下地の TiON 反射防止膜が露出する直前で停止させた状態を示す概略断面図である。

【図3】図2のレジスト・マスクを O_2 プラズマ・アッシングにより一様に後退させた状態を示す概略断面図である。

【図4】ビアホールのエッチングが進行し、 $\text{Al}-1\%$ Si 層に由来する再付着物層が分断して形成された状態を示す概略断面図である。

【図5】図4の再付着物層が除去された状態を示す概略断面図である。

【図6】図5のレジスト・マスクが除去された状態を示す概略断面図である。

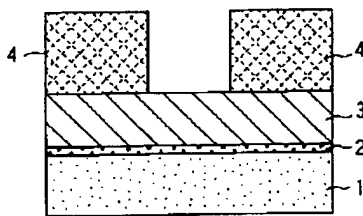
【図7】本発明の半導体装置の製造方法をビアホール加工に適用した他のプロセス例の一部をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、(a)はレジスト・マスクをテーパー状に後退させた状態、(b)は再付着物層が分断して形成された状態をそれぞれ表す。

【図8】従来のビアホール加工における問題点を説明するための模式的な断面図であり、(a)は Al 系配線層上に TiON 反射防止膜、 SiO_2 層間絶縁膜、レジスト・マスクが順次形成された状態、(b)はオーバーエッチングにより Al 系配線層の表面がスパッタされて再付着物層が形成された状態、(c)はレジスト・マスクを除去しても再付着物層が除去されない状態をそれぞれ表す。

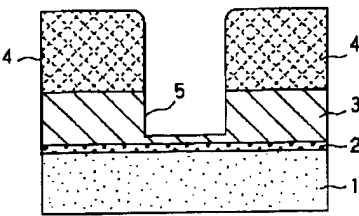
【符号の説明】

- | | |
|----------|-----------------------------------|
| 1 | ・・・ $\text{Al}-1\%$ Si 層 |
| 2 | ・・・ TiON 反射防止膜 |
| 3 | ・・・ SiO_2 層間絶縁膜 |
| 4 | ・・・レジスト・マスク |
| 4 a | ・・・(一様に後退した) レジスト・マスク |
| 4 b | ・・・(テーパー状に後退した) レジスト・マスク |
| 5 | ・・・ビアホール |
| 6 a, 6 b | ・・・再付着物層 |

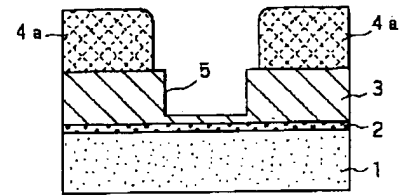
【図1】



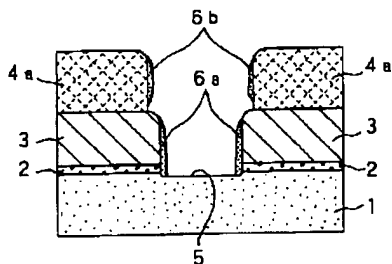
【図2】



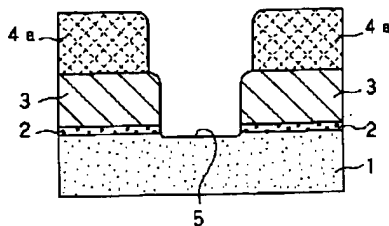
【図3】



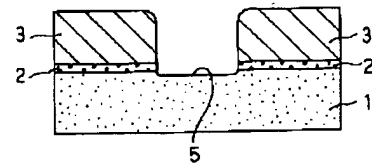
【図4】



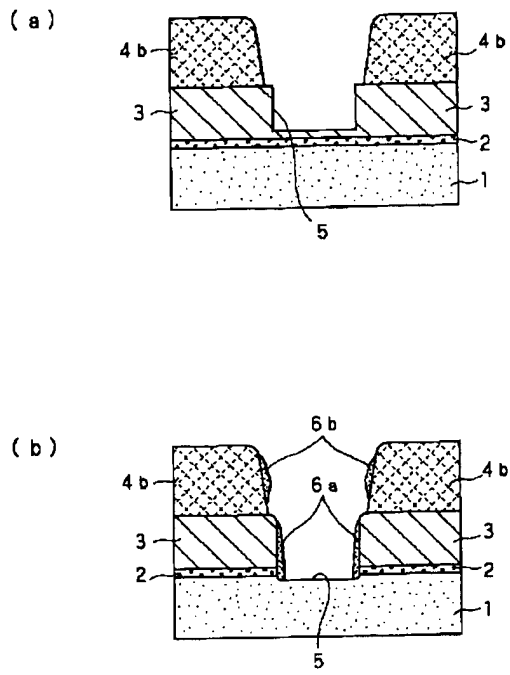
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

